

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11)特許出願公表番号

特表2002-519916

(P2002-519916A)

(43)公表日 平成14年7月2日(2002.7.2)

(51)Int.Cl.
H 0 4 N 1/387

識別記号

F I
H 0 4 N 1/387

テマコード(参考)
5 C 0 7 6

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 26 頁)

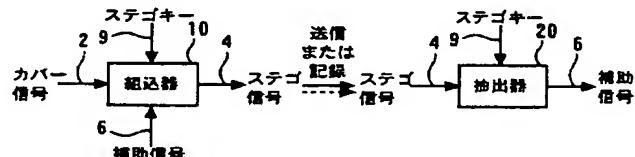
(21)出願番号 特願2000-557464(P2000-557464)
(86) (22)出願日 平成11年6月16日(1999.6.16)
(85)翻訳文提出日 平成12年12月28日(2000.12.28)
(86)国際出願番号 PCT/US99/13482
(87)国際公開番号 WO00/00969
(87)国際公開日 平成12年1月6日(2000.1.6)
(31)優先権主張番号 09/106, 213
(32)優先日 平成10年6月29日(1998.6.29)
(33)優先権主張国 米国(US)
(81)指定国 EP(AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), CA, CN, IN, JP, KR

(71)出願人 ヴェランス コーポレーション
アメリカ合衆国 カリフォルニア州
92121 サンディエゴ パシフィック ハイツ ブーレヴァード 10145 スイート 200
(72)発明者 ペトロヴィッチ レイド
アメリカ合衆国 マサチューセッツ州
01887 ウィルミントン キャッスル ドライブ 2番
(74)代理人 弁理士 高田 守 (外2名)
Fターム(参考) 5C076 AA01 AA14 AA40 BA06 BA09
CA10

(54)【発明の名称】複製変調を利用したアナログ信号への情報の組込抽出装置及び方法

(57)【要約】

アナログホストまたはカバー信号に対して補助信号の組込みまたは符号化を行う装置及び方法を提供する。変調値をカバー信号の特定変数に指定するステゴキーに従い、カバー信号または特定領域(時間領域、周波数領域または空間領域)におけるカバー信号の一部の複製を生成する。組込む情報に対応する補助信号でこの複製信号を変更し、再度カバー信号に挿入する。受信信号の複製を生成し、この複製と受信信号を相關させて組込補助信号を抽出する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 アナログカバー信号に補助信号を組み込む方法であって、前記カバー信号から複製信号を生成するステップと、前記複製信号を前記補助信号の関数として変更するステップと、前記変更された複製信号を前記アナログカバー信号に挿入するステップとからなる方法。

【請求項2】 前記生成ステップは、ステゴキーに従って所定領域にて前記カバー信号の少なくとも一部を変更するステップを備えている請求項1記載の方法。

【請求項3】 前記所定領域は、周波数領域である請求項2記載の方法。

【請求項4】 前記所定領域は、時間領域である請求項2記載の方法。

【請求項5】 前記所定領域は、空間領域である請求項2記載の方法。

【請求項6】 前記複製信号は、前記ステゴキーで定める所定量だけ前記カバー信号の前記少なくとも一部の周波数をシフトさせて得る請求項2記載の方法。

【請求項7】 前記複製信号は、前記ステゴキーで定める所定量だけ前記カバー信号の前記少なくとも一部の位相をシフトさせて得る請求項2記載の方法。

【請求項8】 前記複製信号は、前記ステゴキーで定める所定量だけ前記カバー信号の前記少なくとも一部の振幅をシフトさせて得る請求項2記載の方法。

【請求項9】 前記複製信号は、前記ステゴキーで定める所定量だけ前記カバー信号の前記少なくとも一部の周波数、位相および／または振幅の所定の組み合わせをシフトさせて得る請求項2記載の方法。

【請求項10】 前記変更ステップは、前記複製信号に前記補助信号を掛け合わせるステップを有する請求項1記載の方法。

【請求項11】 アナログステゴ信号から組込補助信号を抽出する方法であって、

前記ステゴ信号から複製信号を生成するステップと、

前記ステゴ信号を前記複製信号の関数として変更するステップと、

前記変更されたステゴ信号をフィルター処理して前記情報シンボルを抽出する

ステップとを含む方法。

【請求項12】 前記生成ステップは、ステゴキーに従って所定領域にて前記ステゴ信号の少なくとも一部を変更するステップを備えている請求項11記載の方法。

【請求項13】 前記所定領域は、周波数領域である請求項12記載の方法。

【請求項14】 前記所定領域は、時間領域である請求項12記載の方法。

【請求項15】 前記所定領域は、空間領域である請求項12記載の方法。

【請求項16】 前記複製信号は、前記ステゴキーで定める所定量だけ前記ステゴ信号の前記少なくとも一部の周波数をシフトさせて得る請求項12記載の方法。

【請求項17】 前記複製信号は、前記ステゴキーで定める所定量だけ前記ステゴ信号の前記少なくとも一部の位相をシフトさせて得る請求項12記載の方法。

【請求項18】 前記複製信号は、前記ステゴキーで定める所定量だけ前記ステゴ信号の前記少なくとも一部の振幅をシフトさせて得る請求項12記載の方法。

【請求項19】 前記複製信号は、前記ステゴキーで定める所定量だけ前記ステゴ信号の前記少なくとも一部の周波数、位相および／または振幅の所定の組み合わせをシフトさせて得る請求項12記載の方法。

【請求項20】 前記変更ステップは、前記複製信号に前記ステゴ信号を掛け合わせるステップを有する請求項11記載の方法。

【請求項21】 アナログカバー信号に対して補助信号の組込と抽出を行う装置であって、

前記カバー信号から複製信号を生成する手段と、

前記複製信号を前記補助信号の関数として変更する手段と、

前記変更された複製信号を前記アナログカバー信号に挿入してステゴ信号を生成する手段と、

前記ステゴ信号を受信する手段と、

前記ステゴ信号から複製信号を生成する手段と、
前記受信ステゴ信号を前記受信ステゴ信号の前記複製信号の関数として変更する手段と、
前記変更された受信ステゴ信号をフィルター処理して前記補助信号を抽出する手段とを有する装置。

【請求項22】 前記複製信号を生成する手段は、ステゴキーに従って所定領域にて前記カバー信号の少なくとも一部を変更する手段を備えている請求項21記載の装置。

【請求項23】 前記所定領域は、周波数領域である請求項22記載の装置。

【請求項24】 前記所定領域は、時間領域である請求項22記載の装置。

【請求項25】 前記所定領域は、空間領域である請求項22記載の装置。

【請求項26】 前記複製信号は、前記ステゴキーで定める所定量だけ前記カバー信号の前記少なくとも一部の周波数をシフトさせて得る請求項22記載の装置。

【請求項27】 前記複製信号は、前記ステゴキーで定める所定量だけ前記カバー信号の前記少なくとも一部の位相をシフトさせて得る請求項22記載の装置。

【請求項28】 前記複製信号は、前記ステゴキーで定める所定量だけ前記カバー信号の前記少なくとも一部の振幅をシフトさせて得る請求項22記載の装置。

【請求項29】 前記複製信号は、前記ステゴキーで定める所定量だけ前記カバー信号の前記少なくとも一部の周波数、位相および／または振幅の所定の組み合わせをシフトさせて得る請求項22記載の装置。

【請求項30】 前記複製信号を変更する手段は、前記複製信号に前記補助信号を掛け合わせる手段を有する請求項21記載の装置。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

(発明の背景)

(発明の属する技術分野)

本発明は、無線や有線通信により送信されたりあるいは光ディスクや磁気ディスク、磁気テープ、またはソリッドステートメモリに記録されている音声、映像、或いはデータ信号などのアナログ信号に対して情報の符号化・組込や復号化・抽出を行う方法と装置に関する。

【0002】

(背景および関連技術の説明)

本発明は、音響信号や映像信号などの既存の信号に補助情報の組込や抽出を行う技術に関するものである。

【0003】

本発明の実施例の一部にとって特に関心のある分野は、音楽録音作品市場である。現在、多くの人々はラジオやテレビで音楽録音作品を聴いている。彼らは、購入したいと思うが、その曲名、その演奏アーティスト名、その録音作品が収録されたレコード、テープ、CDアルバムの名前を知らない録音作品を聞くことがある。このため、実際の録音作品の購入数は、ラジオやテレビで聴いて購入したいと思った録音作品がどれであるかを簡単に見つける方法があれば本来購入されているであろう数よりも少ない。

【0004】

本発明の実施例の一部にとって関心のある他の分野は、コピー規制（デジタル透かしとも称す）である。現在、音楽録音作品のような音響ソフトウェア製品の市場は大きい。この市場の問題の一つは、作品の制作者に対価を支払わずに製品を複製することが容易なことにある。高品質なコピーを可能にするデジタルオーディオテープ(DAT)などの録音技術の出現により、この問題は特に厄介なものになりつつある。このため、電波で放送される音響作品の不正コピーを含む音響録音作品の不正コピーを防止する仕組みの開発が要望されている。また、著作権行使のため、視聴者には判らないが適当な装置によればプログラムの著作権所有者

を特定すべく検出することができる著作権者特定用のデジタル著作権情報を音響または映像信号などのプログラムに挿入することも要望されている。

【0005】

本発明にとって関心のあるさらに他の分野は、使用料の自動追跡と著作権の保護対象物または業務用広告の使用の証明である。これにより、著作権者は使用料請求のため自分の保護対象物の公衆への使用や放送を監視でき、また広告主は料金を支払ったコマーシャルが適正な日時に本当に放送されたかどうかを確認できる。

【0006】

本発明にとって関心のあるその他の分野は、音響作品や音響映像作品の作者が自分の作品が変更・修正されていないかどうかや別の作品に取り込まれていないかどうかを判断できる完全性検査や改竄検出である。

【0007】

ソース信号上の付加情報を符号化する様々な従来技術の方法が知られている。例えば、信号をパルス幅変調させて、少なくとも2つの情報部分あるいは他の有用な部分を搬送する共通または符号化信号を生成する方法が知られている。

Yangに対する米国特許4,497,060 (1985) では、二値データが論理「0」と「1」を表す2つの異なるパルス幅を備えた信号（例えば、論理「1」のパルス幅の持続期間は論理「0」のパルス幅持続期間の二倍である）として送信される。この通信は、クロック信号の決定をも可能とする。

【0008】

音響信号が音響伝搬を生成するシステムに関して、Bestらに対する米国特許4,876,617 (1989) および5,113,437 (1992) には、比較的幅が狭く浅いノッチ（例えば、幅150 Hz、深さ50 dB）を中間周波数の音響信号内に発生させるエンコーダーが開示されている。これらの特許のうち前者にはおよそ2883 Hzと3417 Hzを中心とする一対のノッチフィルターが開示されており、また後者にはノッチに付加されている情報の消去や除去を抑制するためにランダムに周波数対を変化させるノッチフィルターが開示されている。エンコーダーは、低周波数域で「0」を高周波数域で「1」を表す信号の形でデジタル情報を付加する。Bestらに対

する後者の特許では、エンコーダーが音声信号をサンプリングし、信号レベルを演算しながら信号の遅延を行い、遅延期間中にデータ信号を付加すべきか否かを判断し、付加すべきと判断した場合はどの信号レベルに付加するかを判断する。Bestらに対するこの後者の特許では、ノッチを「疑似ランダムに」移動させてデータ信号の聞き取りをさらに困難にすると述べている。

【0009】

その他の従来技術では人間の知覚特性の音響心理学モデルを用い、既存の信号成分によってマスクされて認識されなくなるように、変調または未変調音をホスト信号に挿入する。例えば、Preussらに対する米国特許5,319,735やJensenらに対する米国特許5,450,490を参照。こうした技術は大変高価で、その実施は複雑である一方、マスクされた信号成分を除去するよう設計された認識ベース圧縮方法により信号に歪みが生じた場合には耐性にかけるといった問題を有している。

【0010】

従来技術では、補助信号による符号化の前後において音響または映像周波数信号で略同一の人間知覚型送信 (humanly perceived transmission) を行えるように（換言すると、組み込まれた情報が視聴者にとって透明になるように）、人間知覚型送信（すなわち、音やイメージ）を行うためのアナログ音響または映像周波数信号に補助アナログ・デジタル情報信号の組込や抽出を行い、かつノイズの多い通信媒体等による高いレベルの信号の歪みにも耐性のある方法および装置を提供することはできなかった。また従来技術では、人間知覚型音響送信 (humanly perceived audio transmissions) を行うための音響・映像周波数信号の中で補助情報を規定する信号の組込抽出を行う比較的簡単で廉価な方法および装置を提供できなかった。

【0011】

(発明の開示)

本発明は、アナログホストまたはカバー信号に対する（アナログまたはデジタル）補助情報の組込または符号化及び抽出または復号化を、前記アナログ信号をスピーカー、ディスプレイモニター、その他の電気／電子デバイスのような適当な出力装置に印加した時にソース情報の認識に与える影響が最小となるよう行う

装置及び方法を提供する。

【0012】

本発明はさらに、カバー信号をコピーするための装置の能力を制御する、機械が読みとり可能な信号をアナログカバー信号に組込及び抽出する装置及び方法を提供する。

【0013】

要約すると、本発明は、カバー信号から複製信号を生成し、該複製信号を補助信号の関数として変更し、変更された複製信号をアナログカバー信号に挿入してステゴ信号を生成することでアナログホストまたはカバー信号に補助信号を符号化したりまたは組み込む。さらに本発明は、ステゴ信号の複製を生成し、複製とステゴ信号を相関させることによりステゴ信号から組込補助信号を抽出する。

【0014】

本発明のその他の態様によれば、アナログカバー信号への補助信号の組込および抽出を行う装置を提供するもので、該装置はカバー信号から複製信号を生成する複製生成器、複製信号を補助信号の関数として変更する変調器、変調された複製信号をアナログカバー信号へ挿入してステゴ信号を生成する加算器、該ステゴ信号を受信する受信器、ステゴ信号から複製信号を生成する生成器、受信ステゴ信号を受信ステゴ信号の複製信号の関数として変更する変調器、及び変調された受信ステゴ信号をフィルター処理して前記補助信号を抽出する抽出器とから構成されている。

【0015】

以後使用されるカバー信号という用語は、組込または隠蔽補助データを搬送するまたは搬送することを意図された音響信号、映像信号またはその他の情報信号のようなホストまたはソース信号を言う。

【0016】

(好適な実施態様の詳細な説明)

(第1実施例)

本発明は、所定周波数、時間領域および／または空間領域内で音響信号、映像信号あるいはその他のアナログ信号等のカバー信号（以下、「カバー信号」と称

す) の複製を生成し、前記カバー信号に付加する情報である補助信号で前記複製を変調し、変調された複製を前記カバー信号に挿入することにより情報またはデータをカバー信号に組み込む方法および装置に関する。本発明は、デジタルプロセッサをソフトウェアでプログラムして実施したり、単体電子デバイスのようなアナログ、デジタルまたは混合信号集積回路として実施したり、あるいはそれらの組み合わせなど異なる複数の方法で実施できる。前記複製とカバー信号は、時間領域コンテンツ及び周波数領域コンテンツの点では類似しているが、正規な受信装置でなくては通常は分からぬステゴキー (stego key) で指定される特定の変数の点では異なる。

【0017】

図1を参照して、本発明では組込器10を用いることでコンテンツ及び品質の点でカバー信号2の情報と略同等のステゴ信号(stego signal)4を生成する。例えば、カバー信号2が映像または音響信号の場合、ビデオディスプレイまたはラウドスピーカーなどの出力装置に入力されると、ステゴ信号4は略同一の映像または音声プログラムまたは情報を生成する。

【0018】

ステゴキー9を用いて、組み込み工程の変数と共に、補助信号6を組み込む複製中の時間、周波数領域および/または時間領域の特定部分が決定および特定される。

【0019】

組込器は複製を適当に変調または変更し、その複製をカバー信号に付加してステゴ信号4を得る。ステゴ信号4は送信することもできるし、あるいは磁気テープ、CD-ROM、ソリッドステートメモリ等の記憶媒体に記憶させて後から呼び出しおよび/または送信することもできる。組み込まれた補助信号は、補助信号6を抽出するためにステゴ信号4上で動作するステゴキー9の知識を有している、またはそのステゴキー9にアクセスする抽出器20によって再生される。

【0020】

【数1】

$$\bar{s}(t) = s(t) + \sum_i w_i(t) \quad (1)$$

【0021】

ここで、 s バー(t)はステゴ信号4を、 $s(t)$ はカバー信号2を、 $w_i(t)$ は電子透かしとしても知られている*i*番目の隠し信号8(図2参照)をそれぞれ表している。この点、組込器は、信号毎に異なるステゴ信号キー9を用いて複数の補助信号6を同時に挿入することができる。補助信号6が1つだけ挿入される場合は、ステゴキー9が1つだけ使用され、隠し信号 $w(t)$ は1つだけとなる。式(1)および以下の説明では、説明を簡単にするため、1次元信号(すなわち、時間などの单一次元に従って変化する信号)を考慮する。しかしながら、本発明は一次元信号にのみ限定されるのではなく、 t をベクトルと定義することで本発明をイメージ(2次元)や映像(3次元)信号のような多次元信号まで容易に拡張できる。

【0022】

本発明によれば、カバー信号2自体の複製を補助信号6の搬送波として使用する。周波数コンテンツの点では複製はカバー信号と本質的に類似しているため、デジタル透かしのような補助信号を隠すのにカバー信号の分析は不要である。

【0023】

一方、上述した従来技術では、補助信号を疑似ランダムシーケンス(Preussら)またはカバー信号の周波数帯域全体に渡り分散している多重音(Jensenら)の形で組み込んでいる。こうした信号が透明と認識されるようにそれらを「隠蔽」するためには、カバー信号を周波数領域で分析して電子透かし信号を観察者に識別できなくする必要がある。このような分析は、二つの信号が十分に類似している場合は、人間の知覚では大きな信号の存在下で小さい信号が検出できないという現象に基づいている。通常、この現象はマスク効果として通常知られている。

【0024】

本発明の組込信号8は以下の式で表すことができる。

【0025】

【数2】

$$w_i(t) = g_i m_i(t) r_i(t) \quad (2)$$

【0026】

ここで、 $g_i < 1$ は耐性と透明性のトレードオフを考慮して算出されるゲイン（倍率）変数であり、 $m_i(t)$ は補助信号 6 である。ここで、 $|m_i(t)| \leq 1$ であり、 $r_i(t)$ はカバー信号 2 の複製である。ゲイン係数 g_i は所定の適用に合わせた所定定数とすることができる。また、透明性と耐性状態の動的変化を考慮できるように適合可能とすることもできる。例えば、透明性のレベルが同じでも、高音色楽節ではゲインは低くなり、一方スペクトル的に豊かな音声信号またはノイズの多い音声信号ではゲインは高くなる。他の実施例では、組込器が、望ましい検出性を下回る信号を識別するために抽出工程をシミュレーションし、それに応じてゲインを増加させ得ることとしてもよい。

【0027】

図 2 は組込器 10 の好適な実施例のブロック図を示す。図示の通り、カバー信号 2、ステゴキー 9、および補助信号 6 が組込信号発生器 11 に入力される。組込信号発生器は、ステゴキー 9 に従ってカバー信号 2 から複製 $r_i(t)$ を生成し、補助信号 6 ($m_i(t)$) で複製 $r_i(t)$ を変調または変更し、ゲイン変数 g_i を用いてその結果を変倍し、更に、組込信号 8 ($w_i(t)$) を生成する。組込信号 8 は、次にステゴ信号 4 (s バー (t)) を生成するために加算器 12 内部でカバー信号 2 (s (t)) に加算される。

【0028】

ステゴキー 9 が定める所定時間領域、周波数領域および／または空間領域内でカバー信号 2 の一部を取り出し、同じくステゴキー 9 が定めるように該信号部分に若干の変更を行って複製 $r_i(t)$ を得る。人間の音響心理的・映像心理的システムにより複製とカバー信号の類似性が維持されていると判断されるように、信号部分への変更は少なくする必要があるが、そうした変更はステゴキー 9 の知識を有し、またはステゴキー 9 へのアクセスを行うよう適切に設計された抽出器が検出できる程度に大きくなくてはならない。後ほど説明するように、こうした条件を満足する異なる変更方式が複数種類見出されている。

【0029】

複製 $r_i(t)$ は、積変調として知られているプロセスに従って補助信号 $m_i(t)$ により変調されることが式(2)から分かる。積変調によると、補助信号のスペクトル幅に比例して組込信号のスペクトルが拡張される。組込信号のスペクトルをカバー信号のスペクトルに類似させるため(組込工程の透明性を維持するため)、補助信号のスペクトルの幅は複製のスペクトルの最も低い周波数よりも狭くなくてはならない。この要求は、補助チャンネルの容量に制限を課し、カバー信号の低周波成分は複製生成時に組み込むには適さないことを規定する。

【0030】

本発明の好適実施例において、変調信号(補助信号) $m(t)$ は次の式で定義される二値データ信号である。

【0031】

【数3】

$$m(t) = \sum_{n=1}^N b_n h(t-nT) \quad (3)$$

【0032】

ここで、 N はメッセージ内の二値数字またはビット数を、 $b_n \in (-1, 1)$ は n 番目のビット値を、 T はビット間隔、 $h(t)$ はビットを表すパルスの波形を示している。通常、 $h(t)$ は、変調(補助)信号のスペクトル幅を制限するため矩形パルスをローパスフィルターで処理することにより取得される。

【0033】

図3は信号組込データメッセージの生成に使用される組込信号生成器11の詳細を示す。カバー信号2は、フィルター/マスク信号31を生成するために、フィルター/マスクブロック30でフィルター処理および/またはマスク処理される。フィルター/マスク信号31は、異なる組込メッセージに使用されるカバー信号の領域を分割する。例えば、フィルター/マスクブロックは、周波数領域内でのカバー信号から 1000 Hz から 3000 Hz の周波数帯域部分を分離したり、時間領域内でのカバー信号から $t = 10$ 秒から $t = 30$ 秒の時間間隔部分を分離し

たり、空間領域内でカバー信号の右上4分の1の空間領域（カバー信号がMPEG, JPEGまたは同等の信号の場合に）を分離し、このようにして分離された領域は補助信号の組み込みに使用される。

【0034】

フィルター/マスク信号31は、ステゴキー9により指定されるようにカバー信号の選択領域からなり、その選択領域は次いで複製信号41の生成に利用される。次に、この信号31は複製生成器40へ入力され、ここでは、ステゴキー9が指定するように該信号の所定変数が変更され、複製 $r_i(t)$ 41が生成される。複製41を乗算器42aにて補助信号 $m_i(t)$ で変調し、変調された信号を選択されたゲイン係数 g_i に従って乗算器42bで変倍して組込信号成分8（すなわち、式（2）中の $w_i(t)$ ）を生成する。この組込信号成分8は、ステゴ信号4を得るために、加算器12（図2参照）でカバー信号2に加算される。カバー信号2と組込信号成分8の同期を維持するため、フィルター/マスクブロック30と複製生成器ブロック40に存在する固有処理遅延を、図2に示すカバー信号の回路通路（カバー信号入力端と加算器12の間）にそれと同じ遅延を加えることで補償する。

【0035】

さらに、それぞれがカバー信号2に付加される複数の組込信号成分が生成されるように、カバー信号の異なる特徴を変更させおよび/またはカバー信号の複数の異なる領域を使用するために各々が異なるステゴキーを用いる複数の組込信号生成器を用いることで、カバー信号2に複数の補助データ信号を組み込むことも可能である。あるいは、異なるステゴキーを用いて1つの組込器の出力が異なる組込器の入力となるようデータ信号をカスケード状に組み込んでもよい。いずれにせよ、組込信号成分間の相互干渉を最小にする必要がある。この要求は、以下に説明するように、信号の周波数、時間または空間について非重複領域を使用するか、適当な複製生成変数を選択することで達成することができる。

【0036】

ステゴ信号に組み込まれている補助データの生成に使用される抽出器の回路図を図4に示す。ステゴ信号4はフィルター/マスクブロック30aでフィルター/

マスク処理され、補助データ組込領域が分離される。フィルター処理信号31aは、組込器内の複製生成器40におけるカバー信号の複製 $r_i(t)$ と同様に、同じステゴキー9を用いてステゴ信号の複製を生成する複製生成器40aに入力される。ステゴ信号4の複製 r_i バー(t)41aは以下の式で表すことができる。

【0037】

【数4】

$$\bar{r}_i(t) = r_i(t) + \sum_i g_i R(m_i(t) r_i(t)) \approx r_i(t) \quad (4)$$

【0038】

ここで、 $R(m_i(t) r_i(t))$ は変調カバー信号複製の複製を表している。ゲイン係数 g_i が十分に小さいため、ステゴ信号の複製はカバー信号の複製と略同じである。

【0039】

抽出器20では、乗算器42cにより複製 r_i バー(t)41aとステゴ信号31aが乗算されて相関積が得られる。

【0040】

【数5】

$$c(t) = \bar{r}_i(t) \bar{s}(t) \approx r_j(t) s(t) + \sum_i g_i m_i(t) r_i(t) r_j(t) \quad (5)$$

【0041】

複製信号を設計する際、一つの目的は、低周波成分をあまり含まない積 $r_j(t) s(t)$ と積 $r_i(t) r_j(t)$ 、但し $i \neq j$ 、のスペクトルを得ることである。他方、積 $r_j(t) r_j(t) = r_j 2(t)$ のスペクトルには強いDC成分が含まれており、このため、相関積 $c(t)$ は $g_i m_i(t)$ と $(r_j 2)$ の平均との積 $(g_i m_i(t) \text{mean}(r_j 2))$ の式の項を含んでいる、すなわち、相関積 $c(t)$ は変倍された補助信号 $m_i(t)$ を加算項として含んでいる。

【0042】

相関積 $c(t)$ から補助信号 $m_i(t)$ を抽出するため、補助信号のスペクトルとフィルター特性が適合するフィルター44で $c(t)$ がフィルター処理される。例え

ば、矩形パルス形状の二値データ信号の場合は、ビット間隔期間にわたる積分が適合するフィルター処理に該当する。デジタル信号処理の場合は、フィルター処理の後に生成器46でシンボル生成が行われる。抽出された複数のデータシンボルは周知のエラー検出、エラー補正および同期処理され、実際のメッセージの存在や該メッセージの内容の適正な解釈が確認される。

【0043】

複製生成器40の一好適実施例を図5に示す。この実施例では、ステゴキー9で規定される所定オフセット周波数 f_i だけフィルター処理カバー信号31の周波数をシフトさせて複製信号41を得る。このシフト処理は、単側帯振幅変調または周波数変調としても知られている。図5に示す処理の他に、当該技術分野では前記処理を行うことができる複数の異なる処理が知られている。

【0044】

ブロック52と54は入力信号 $s(t)$ の異相シフトをそれぞれ表している。所望の周波数シフトを行うため、異相シフト間の関係を以下のように規定する必要がある。

【0045】

【数6】

$$\phi_1(f) - \phi_2(f) = 90^\circ \quad (6)$$

【0046】

それぞれ異相シフトされた複数の信号は、それぞれ乗算器56aと56bにおいて周波数 f_i の正弦波信号と乗算される。ブロック58は、乗算器56bに印加される正弦波信号の90度位相シフトを示している。こうして得られた信号は加算器59にて結合される。このため、複製信号41は次のように表すことができる。

【0047】

【数7】

$$r_i(t) = s(t, \phi_1) \sin(2\pi f_i t) \pm s(t, \phi_2) \cos(2\pi f_i t) \quad (7)$$

【0048】

ここで、 $s(t, \phi_i)$ は ϕ_i だけ位相シフトされた信号 $s(t)$ を示している。加算工程における-または+の符号は f_i だけ位相が上方または下方に変更されたことを表している。文献として出版されている音響心理学モデルによれば、位相を上方へ変更させるとマスキングが改善されるとある。従って、当該好適実施例では式(7)に減算を用いている。 $\phi_1 = 90^\circ$ および $\phi_2 = 0^\circ$ の特別な場合には、式(7)は次のようになる。

【0049】

【数8】

$$r_i(t) = s_h(t) \sin(2\pi f_i t) \pm s(t) \cos(2\pi f_i t) \quad (8)$$

【0050】

ここで $s_h(t)$ は入力信号のヒルベルト変換を表しており、以下の式として定義される。

【0051】

【数9】

$$s_h(t) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{s(x)}{t-x} dx \quad (9)$$

【0052】

ヒルベルト変換は、式(8)をデジタル信号処理に合わせ、周知の様々なアルゴリズムによりソフトウェアとして実施してもよい。アナログ信号処理の場合は、ヒルベルト変換を行うより、信号スペクトルの全域に渡って 90° 相対位相シフトが維持されるよう回路対を設計するほうが簡単である。

【0053】

特定の周波数オフセット値 f_i を広い周波数範囲から選択し、ステゴキーで指定することができる。異なる周波数オフセット値を持たせることで、複数の補助信号を同じカバー信号の同じ時間域、周波数域および/または空間域へ挿入し、補助信号を「階層化」して補助チャンネルのスループットを増加させることができる。

きる。

【0054】

補助情報が示すデジタル透かしの安全性を向上させるために、周波数オフセット値を所定秘密パターンに従って時間的に変化させてもよい（「周波数ホッピング」として知られている）。

【0055】

周波数オフセット値の特定の選択は、特定の適用分野の状況や変数で決まり、試行錯誤によりさらに調整することができる。実験結果によれば、周波数オフセット値が変調補助信号 $m(t)$ のスペクトル周波数の大半よりも大きい場合には、チャンネル歪みが存在する中で最適な信号耐性が得られた。他方、周波数オフセット値がカバー信号の最低周波数よりも実質的に小さい場合には、最適な透明性が得られた。例として、音響信号について、25 b p s のビットレートを有する二値データ信号を変調信号としつつ、500 Hz 程度のカバー信号への組み込みに 50 Hz の周波数オフセット値が使用された。

【0056】

複製生成器の他の実施例において、その複製は、カバー信号のフィルター/マスク部 31 の位相を、 i 番目の組込信号の関数 ϕ_i が定める所定量だけシフトさせることにより生成される。この場合、複製生成器 40 および 40a は以下に定義する伝達関数を備えた線形システムである。

【0057】

【数10】

$$H_i(f) = A_i e^{j\phi_i(f)} \quad (10)$$

【0058】

ここで A_i は周波数に関する定数であり、 j は虚数 $\sqrt{-1}$ 、 $\phi_i(f)$ はシステムの位相特性である。式 (10) で表される回路は、当該技術分野では全通過フィルターまたは位相補正器として知られており、そのデザインは当業者には周知である。

【0059】

人間の聴覚システムは位相シフトをほとんど感知できないため、本実施例は音響信号への補助信号の組込に特に適している。関数 $\phi_i(f)$ は、複製とカバー信号の積が最小の低周波成分を含むという目的が達成されるよう定義される。この目的は、フィルター/マスク部 31 内の全ての周波数成分について少なくとも 90° のシフトを維持することで達成することができる。異なるメッセージの周波数成分の位相シフトがスペクトル成分の大部分で 90° 以上である場合は、ほとんど干渉を生じずに複数のメッセージが組み込まれた。関数 $\phi_i(f)$ の厳密な選択が行えるかどうかは、コストと安全性のトレードオフの考慮により決まる。すなわち、たとえ周知のカバー信号を用いても無許可の人物がステゴ信号を分析して信号構造を明らかにできないよう関数は十分複雑なものとしながらも、安価に演算を実施できるようにする。異なる関数を所定間隔で切り換える関数ホッピングパターンは、ステゴキーの一部として、さらに安全性を向上させるために用いることができる。

【0060】

τ_i を定数とする以下の式で定義される位相シフト関数の特別クラスは、

【0061】

【数1.1】

$$\phi_i(f) = \tau_i f \quad (11)$$

【0062】

カバー信号の時間シフト複製を発生させる。このクラスの関数は、コストと安全性のトレードオフの点で特別な特性を有しており、この特性は当該開示内容の範囲を越えるものでここではこれ以上扱わない。

【0063】

本発明のさらにその他の実施例によれば、複製生成器はカバー信号を位相変調させて複製信号を得る。位相変調は以下の式で表すことができる。

【0064】

【数1.2】

$$r_i(t) = a_i(t) s(t) \quad (12)$$

【0065】

ここで、 $a_i(t)$ は直交関数のクラスである。図6 (a) ~ 6 (c) は振幅シフト複製信号の生成に使用される3つの初等関数 $a_1(t)$ 、 $a_2(t)$ 、 $a_3(t)$ の組を示しており、各関数は間隔 $(0, T)$ の期間にわたって定義されており、ここで T は補助信号のビット間隔に等しい。より長い複製は、一連の初等関数を用いて生成される。抽出器内部におけるポスト相関フィルター処理は間隔 T に渡る積分により実行され、補助チャンネルビット $b_{j,n}$ は式 $b_{j,n} = \text{sign}(A_{j,n})$ に従って抽出される。ここで、

【0066】

【数13】

$$\begin{aligned} A_{j,n} &= \int_{(n-1)T}^{nT} c(t) dt = \int_{(n-1)T}^{nT} a_j(t) s^2(t) dt + \sum_i g_i \int_{(n-1)T}^{nT} m_i(t) s^2(t) a_i(t) a_j(t) dt \\ &\approx g_j \int_{(n-1)T}^{nT} m_j(t) s^2(t) dt \end{aligned} \quad (13)$$

【0067】

上記の近似は、以下の関係より成立する。

【0068】

【数14】

$$\int_0^T a_j(t) dt = 0, \quad \int_0^T a_i(t) a_j(t) dt = 0:$$

【0069】

但し、 $i \neq j$ 、 $a_j^2(t) = 1$ である。

【0070】

式 (13) からも明らかのように、 n 番目のビット間隔期間では、符号 $A_{j,n}$ (及び受信ビット値) は $m_j(t)$ の符号、すなわち送信ビット値で決まる。振幅変調に使用される関数は、通常わずかな低周波成分やフィルター/マスク信号の最低周波数よりも低いスペクトルを有するべきであり、かつ、互いに直交している

べきである。関数の特定の選択は特定の利用分野に基づき、かつ、ステゴキーで指定される。

【0071】

さらにその他の実施例によれば、異なる領域における異なるシフトの組み合わせは、複製信号を生成するために同時に実行され得る。例えば、時間シフトは周波数シフトと組み合わされることができ、また振幅シフトは位相シフトと組み合わされることができる。このように様々な種類のシフトを組み合わせることにより、組込システムの隠蔽（安全）特性はさらに改善され、またカバー信号との相違を増大させることで組込信号の検出能が改善される。

【0072】

安全性に関しては、ステゴキーの変数を明らかにするよう設計された分析方法を取り入れた攻撃も予想される。こうした変数が明らかになった場合、同じステゴキーの使用により組込信号の書き換えや削除が可能となる。様々な種類のシフトが組み合わされると、変数空間が拡大されて、こうした分析がより困難となる。

【0073】

検出能に関しては、自然発生する一部の信号が複製信号と同じ内容を有する場合がある。例えば、音響信号のエコーは位相シフト信号を生成し、音楽プログラム中の合唱楽節は周波数シフト信号を生成し、トレモロは振幅シフトを生成する場合があるが、これらは組込信号の検出に干渉を及ぼす。様々な種類のシフトを組み合わせて使用することで、自然現象がステゴキーの変数にぴったりと一致して信号検出に干渉を及ぼす可能性は減少する。

【0074】

本発明を説明してきたが、本発明の思想及び範囲から離れることなく様々な方法で変更できることは当業者にとっては明らかである。当業者に自明なこうした変更は上記の請求項で網羅されるよう意図されている。

【図面の簡単な説明】

【図1】 図1は、本発明で使用されるデータ信号組込及び抽出工程のブロック図である。

【図2】 図2は、図1の組込器10の一実施例のブロック図である。

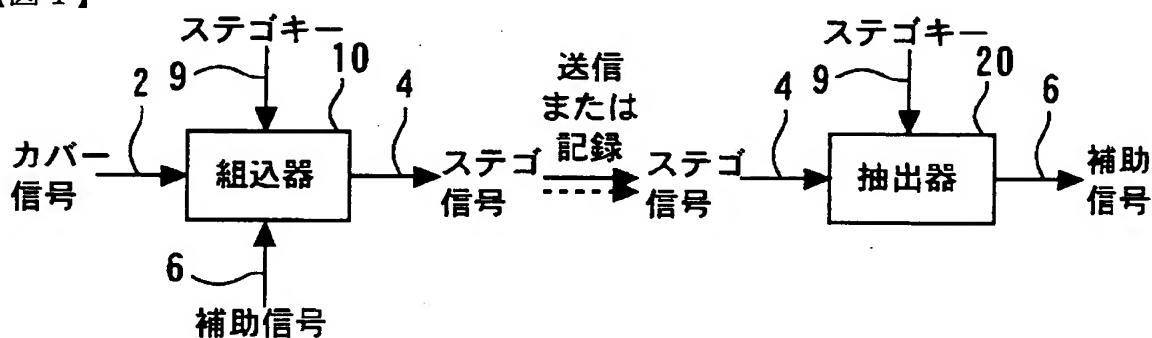
【図3】 図3は、図2の組込信号発生器11の一実施例のブロック図である。

【図4】 図4は、本発明によるデータ信号抽出器20の一実施例のブロック図である。

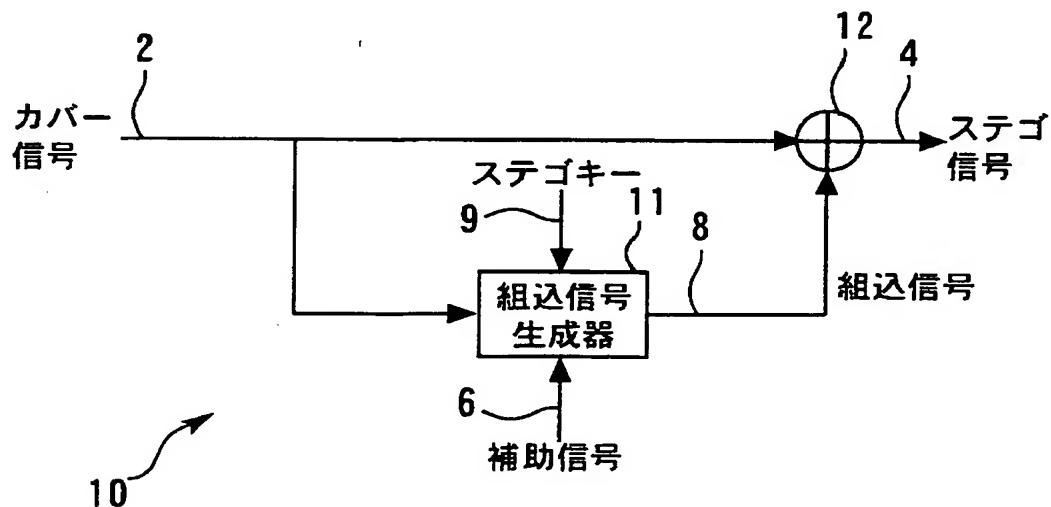
【図5】 図5は、周波数シフトされたカバー信号複製をオリジナルから生成する複製生成器の一実施例のブロック図である。

【図6】 図6 (a) ~ 6 (c) は、本発明の一実施例による振幅変調複製の生成に使用される一組の直交関数を表すグラフである。

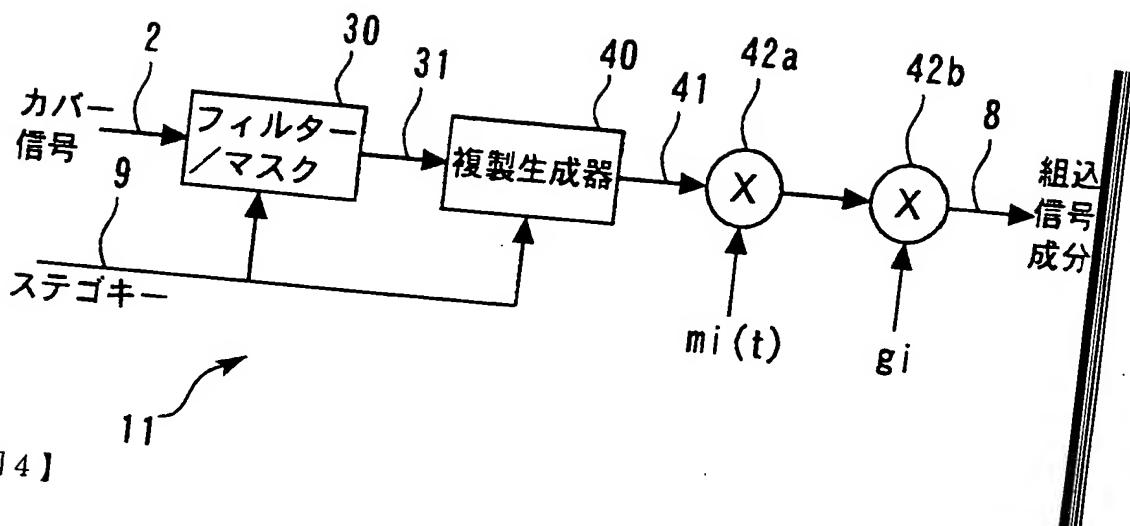
【図1】



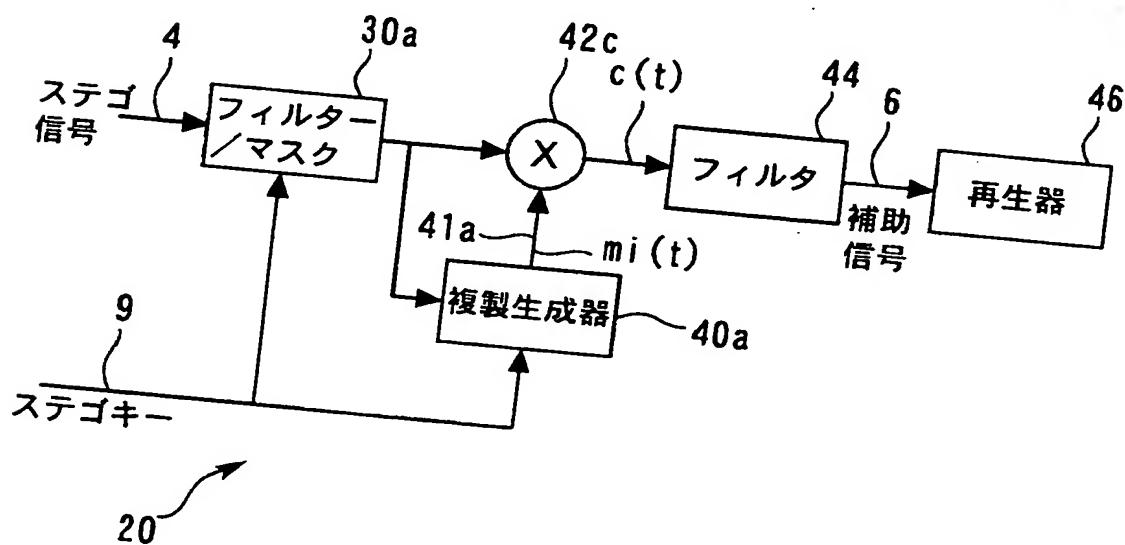
【図2】



【図3】



【図4】



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		Inte nal Application No PCT/US 99/13482
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 97 33391 A (PLANKENBUEHLER ROLAND ;EBERLEIN ERNST (DE); PERTHOLD RAINER (DE);) 12 September 1997 (1997-09-12) page 4, line 5 -page 5, line 24	1
A	page 10, line 19 -page 11, line 36 figure 1 ----	2-5, 21-25
A	EP 0 372 601 A (PHILIPS NV) 13 June 1990 (1990-06-13) column 1, line 8 -column 3, line 12 column 7, line 3 -column 8, line 34 column 9, line 57 -column 12, line 11	1,11,21
A	WO 95 14289 A (PINECONE IMAGING CORP ;RHOADS GEOFFREY B (US)) 26 May 1995 (1995-05-26) ----	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members				International Application No PCT/US 99/13482	
Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date	
WO 9853565 A	26-11-1998	US	5940135 A	17-08-1999	
WO 9709797 A	13-03-1997	US	5822360 A	13-10-1998	
		AU	707270 B	08-07-1999	
		AU	6899596 A	27-03-1997	
		BR	9610469 A	30-03-1999	
		CA	2231239 A	13-03-1997	
		CN	1198275 A	04-11-1998	
		EP	0852086 A	08-07-1998	
		US	5937000 A	10-08-1999	
WO 9733391 A	12-09-1997	DE	19640814 A	11-09-1997	
		DE	19640825 A	11-09-1997	
		AT	184140 T	15-09-1997	
		DE	59700389 D	07-10-1999	
		EP	0875107 A	04-11-1998	
EP 0372601 A	13-06-1990	NL	8802769 A	01-06-1990	
		NL	8901032 A	01-06-1990	
		AT	118932 T	15-03-1995	
		AU	626605 B	06-08-1992	
		AU	4456889 A	31-05-1990	
		DE	68921305 D	30-03-1995	
		DE	68921305 T	07-09-1995	
		ES	2071645 T	01-07-1995	
		HK	61296 A	19-04-1996	
		JP	2183468 A	18-07-1990	
		KR	137473 B	15-06-1990	
		US	5161210 A	03-11-1992	
WO 9514289 A	26-05-1995	US	5768426 A	16-06-1998	
		CA	2174413 A	26-05-1995	
		EP	0737387 A	16-10-1996	
		JP	9509795 T	30-09-1998	
		US	5748763 A	05-05-1998	
		US	5841978 A	24-11-1998	
		US	5832119 A	03-11-1998	
		US	5745604 A	28-04-1998	
		US	5862260 A	19-01-1999	
		US	5841886 A	24-11-1998	
		US	5850481 A	15-12-1998	